

## TTCに寄せて

移動通信ネットワークアーキテクチャの  
標準化活動を振り返って

～TTC会長表彰を受賞して～

株式会社NTTドコモ  
巳之口 淳

## はじめに

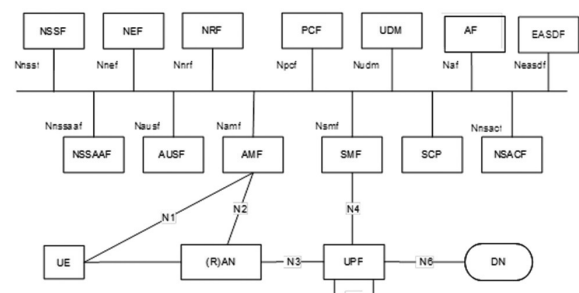
この度は「移動通信ネットワークアーキテクチャ関連の標準化活動にかかわる功績」に対し、名誉ある情報通信技術賞 TTC 会長表彰を賜りまして、大変光栄に存じます。このような賞を賜りましたのは、ひとえに、私を標準化活動に導いて頂きました上司や先輩の方々、これまでの私の標準化活動への取り組みをご支援くださった皆様のおかげだと感じております。この場をお借りしまして、改めて感謝御礼を申し上げます。

私は、1996 年に入社しまして、それからしばらく経ちました 2001 年から、ITU-T Special Study Group IMT-2000 and Beyond (通称 ITU-T SSG)、並行して、第 6 次 EU Research Framework Programme (通称 FP6) の移動通信関連プロジェクト (通称 IST プロジェクト) に携わらせて頂くようになりました。私が海外での活動に興味を示していたことから、当時の上司が導いて下さったのだと思っています。ここでは、どちらも、3GPP での 4G 検討の先駆けとなる技術議論を行ってまいりました。次に NGMN にも携わりました。これはオペレータ中心の団体で、当時は 3GPP、3GPP2、WiMAX のどれを導入すべきか、4G 移行期の音声方式はどうか、という議論を行いました。これらの議論も間接的に 3GPP に関わっていたわけですが、その後 2011 年から、3GPP に直接参加する形で携わらせて頂くこととなりました。3GPP では、4G の途中から 5G、最近では 6G の準備の議論に、SA (注: Service and System Aspects を扱う 3GPP 内の検討グループ。配下に、ユースケースや要求条件を扱う SA WG1、アーキテクチャを扱う SA WG2、網管理を扱う SA WG5 などを持つ) の観点から参画させて頂いております。

本稿では、私の標準化活動も振り返りつつ、特に最近の動向、つまり、3GPP における 5G ネットワークアーキテクチャに関する標準化動向の一端をご紹介します。

## 5G ネットワークアーキテクチャの特徴

5G ネットワークアーキテクチャも仕様が出来ましてからしばらく経ちますから、多くの方は、5G 仕様のおおまかな所、例えば、Restful 原理で JSON/HTTP を用いるサービスベースアーキテクチャとなったこと、多様な要求条件を持つサービスを網リソースを分離して提供するためにネットワークスライスを導入したこと、などはご存知かもしれません。図 1 が 5G ネットワークの基本アーキテクチャです。UE (端末) から出たユーザデータは、(R) AN (無線ネットワーク)、UPF (ユーザプレーン機能) を介して、DN と表記される外部ネットワークとやり取りされます。そのやり取りを制御する機能が図の上部にバス型に配置されています。

図 1 TS 23.501<sup>[1]</sup>, Figure 4.2.3-1 抜粋

実は 5G ネットワークアーキテクチャは図 1 だけで表されるものではありません。以下では、5G ネットワークアーキテクチャを少し別の面から見の一助としまして、Rel-19 が半分まで進んだ現時点で、4G に比べて随分変わってきた点について、個別のアーキテクチャ図も交えて、いくつかご紹介させて頂ければと思います。

## 1. 外部向け API を豊富に持つようになった。

5G では、外部アプリ機能が 5G ネットワークの機能にアクセスできるようにするために、Northbound

Interface と呼ばれる API を整備しました。上の基本図では NEF がそういった API を配備しています。そして、API へのアクセスも、対象となる API の操作で影響をうけるユーザの同意によって、認可されるとしました。この認可に関わるアーキテクチャは以下のようになっています。

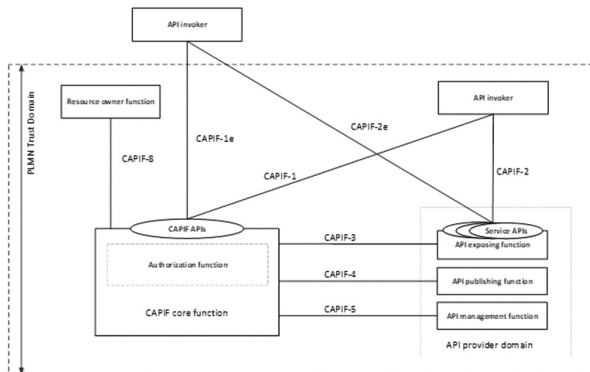


図2 TS 23.222<sup>[2]</sup>, Figure 6.2.3-1 抜粋

NEF と上記の API exposing function は同一の機能の別の呼び方です。API invoker が外部アプリ機能にあたり、CAPIF core function が認可を行います。なお、CAPIF core function と連携して認可を行う、Resource owner function、Authorization function は、どうも 4G のままだとうまくいかない、と考えた私を含む弊社のメンバーの提案で導入したものです。

4G でも外部向けのこういった API はありましたが IoT 通信関係に限られていました。1 つの外部アプリ機能が関連する複数の IoT デバイスを管理する、という暗黙のビジネスモデルの前提がありました。このため、API へのアクセスの認可は、事前登録した外部アプリ機能が自身を認証してもらうことで行っていました。

## 2. 呼処理のアーキテクチャと網管理のアーキテクチャの連携が深まってきた。

5G では、データ分析機能を (SA WG2 が検討する) 呼処理のアーキテクチャ、(SA WG5 が検討する) 網管理のアーキテクチャの両方に配置し、過去データの分析結果を呼処理の最適化にも反映させます。呼処理側の特にデータ収集に関わるアーキテクチャは図3のようになっています。データ分析機能である NWDAF が基本アーキテクチャにある任意の NF (コアネットワーク機能) からデータを収集します。また、

図には無いですが、任意の NF は NWDAF からデータ分析結果を取得します。NWDAF は AI 推論モデルを持つとしています。なお、ここでの Messaging framework は、詳細には仕様化されていませんが、Pubsub 基盤でして、PubSub 基盤が既に 5G に入っているという点も興味深いかと思います。

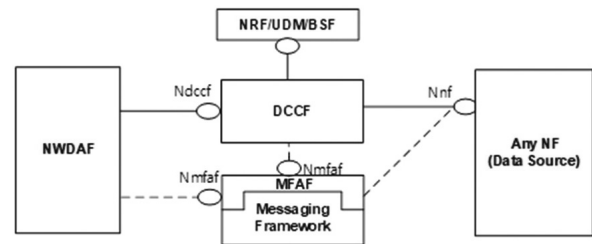


図3 TS 23.288<sup>[3]</sup>, Figure 4.2.0-1 抜粋

現在議論中ですが、端末が用いる無線関連の AI 推論モデルに関し、訓練するデータを収集し、訓練し、配送するといった過程も呼処理のアーキテクチャ内で実現する可能性があります。

4G では、そういったデータ分析機能や AI 推論モデルの活用は無く、呼処理、網管理のアーキテクチャは分かれていました。

## 3. 他団体が策定した仕様を組み込むという形の仕様化が出てきた。

5G の特徴的なサービスとして URLLC (Ultra-Reliable and Low Latency Communications) がありますが、その実現では、IEEE の TSN の枠組みを取り入れて、TSN を構成するブリッジの一つとして 5G システムが動作する、という、一風変わったアーキテクチャになっています。5G システムは無線も含みますから、その無線部分を以て、従来有線ネットワーク用に仕様化されていた TSN に無線部分を持ち込んでいます。この様子は図4のアーキテクチャに表れています。DS-TT や NW-TT がブリッジのポートにあたりキューイングやバッファリングの機能を持つとされ、TSN-AF が IEEE TSN における制御ノードから制御を受けるインタフェースを持ちます。弊社は当初から誘われて検討にも参加しましたが、IEEE 仕様を深く理解する必要があり、また IEEE 仕様の書き方は 3GPP 仕様とは異なっていて、なかなか困難な検討でした。

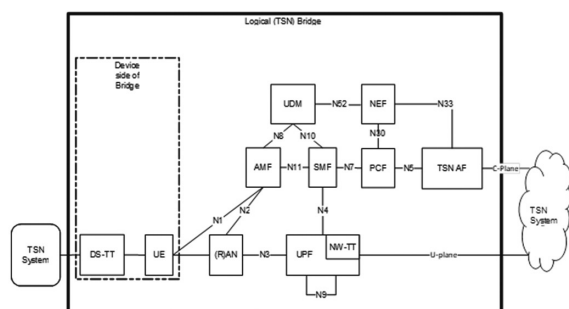


図4 TS 23.501<sup>[1]</sup>, Figure 4.4.8.2-1 抜粋

4G では、あるいはそれ以前では、URLLC はありませんでした。また、音声通信に IETF が策定する SIP プロトコルを取り込んだといったように IETF が策定するプロトコルを取り込むことはよくありましたが、アーキテクチャの観点で他団体が策定した仕様を組み込む、という話はありませんでした。

#### 4. 今まで動かないものが動くようになってきた。

5G では、基地局がバスなどの乗り物あるいは低軌道衛星に搭載されて動く、といった場合のアーキテクチャも検討しています。低軌道衛星が、基地局に加えて、UPF というユーザプレーン装置を載せて周回するという場合のアーキテクチャも考案しています。本来動かないものを動かす訳ですから、苦心の跡のみられる仕組みではありますが、今検討中です（よってまだアーキテクチャ図がありません）。私も弊社メンバーと共に、特に低軌道衛星に関わる検討に参加しています。

4G では、基地局や UPF を動かすなど、誰も思いつきもしなかったと思います。

このように、5G ネットワークアーキテクチャの仕様には、4G の常識からは想像もつかないようなアイデアが含まれています。また、基本アーキテクチャ図以外にも複数のアーキテクチャ図が存在します。ここに紹介しませんでしたアーキテクチャ図も複数ありま

す。加えて、5G ネットワークアーキテクチャは、他団体（IEEE、IETF）が策定した仕様や、新しい技術（pubsub 基盤、AI 技術）を取り込んで、発展させています。

現在、6G に向けた検討が盛り上がってきていますが、同じように、6G ならではのアイデアも出てくる（あるいは生み出していく）と期待しているところです。

#### おわりに

3GPP は、2024 年 8 月に、6G のユースケースや要求条件を検討する活動の計画書（Study Item Description）に合意しまして、いよいよ 6G に向けて標準仕様を制定する作業を開始しました。ただ、6G がこういったものになるか、まだ議論がまとまっていないところです。私も、これまでの経験や知識を生かして、これから始まる 6G の検討に、リーダとしてまた 1 技術者として、ぜひ尽力したいと思っています。

最後に、今回の表彰を賜りましたことに関しまして、これまでご指導頂きました皆様、並びに活動を支えて頂きました関係者の皆様に、いまいちど心より御礼申し上げます。また、今後とも何卒どうぞよろしくお願い申し上げます。

#### 参考文献

- [1] 3GPP TS 23.501 V19.0.0, "System architecture for the 5G System (5GS)", 2024 年 6 月.
- [2] 3GPP TS 23.222 V19.2.0, "Common API Framework for 3GPP Northbound APIs", 2024 年 7 月.
- [3] 3GPP TS 23.288 V18.6.0, "Architecture enhancements for 5G System (5GS) to support network data analytics services", 2024 年 6 月.